

# Kvantifikácia potenciálu fotovoltického využitia slnačnej energie

**Metodický postup  
pre tvorbu regionálnych  
nízkouhlíkových stratégií**

2020



Operačný program  
**Efektívna  
verejná správa**



**Európska únia**  
Európsky sociálny fond

Tento metodický materiál vznikol v rámci projektu „Od energetickej závislosti k sebestačnosti: tvorba udržateľnej energetickej politiky vo vidieckych regiónoch“ (kód ITMS2014+ 314011Q453). Je určený pre centrá udržateľnej energetiky, ktoré v okresoch Kežmarok, Rimavská Sobota a Rožňava pripravujú pilotné regionálne nízkouhlíkové stratégie. Spolu s ďalšími metodickými a analytickými materiálmi tvorí komplexnú podpornú dokumentáciu pre tvorbu novej disciplíny vo verejnej politike na Slovensku: udržateľnej regionálnej energetickej politiky.

Priatelia Zeme-CEPA privítajú všetky konštruktívne odborné podnety a pripomienky k metodike na kvantifikáciu potenciálu fotovoltaického využitia slnečnej energie. Zároveň ponúkajú pomoc pri jej využívaní v rámci energetického plánovania všetkým regiónom, ktoré chcú budovať vlastné koordinačné kapacity pre rozvoj sebestačnej nízkouhlíkovej energetiky a dopravy.

Kontaktná adresa: [energia@priateliazeme.sk](mailto:energia@priateliazeme.sk)

2020 Priatelia Zeme-CEPA

Autor: Pavel Šimon

Spolupracoval: Juraj Zamkovský

Foto: morguefile.com

Grafická úprava: Richard Watzka

Projekt je podporený z Európskeho sociálneho fondu.

# Obsah

<b>Úvod</b> .....	1
<b>Okrajové podmienky</b> .....	2
<b>Legislatíva a základná terminológia</b> .....	3
Výroba výlučne na vlastnú spotrebu .....	3
Výroba elektriny z malého zdroja .....	4
Výroba elektriny v lokálnom zdroji .....	4
Výroba elektriny s doplatkom .....	4
Aukcie na zdroje elektriny – výroba s príplatkom .....	4
Formy podpory výroby elektriny z OZE .....	5
Výkon, produkcia a spotreba .....	6
Typy fotovoltaických elektrární .....	7
Využitie akumulácie .....	9
<b>Kvantifikácia potenciálu fotovoltaického využitia slnečnej energie</b> .....	11
<b>Disponibilná plocha</b> .....	12
<b>Postupy pre kvantifikáciu ročného energetického potenciálu fotovoltaického využitia slnečnej energie</b> .....	13
FVE inštalované na budovách so šikmou strechou .....	13
FVE inštalované na budovách s plochou strechou .....	14
FVE na voľnej ploche .....	15



## Úvod

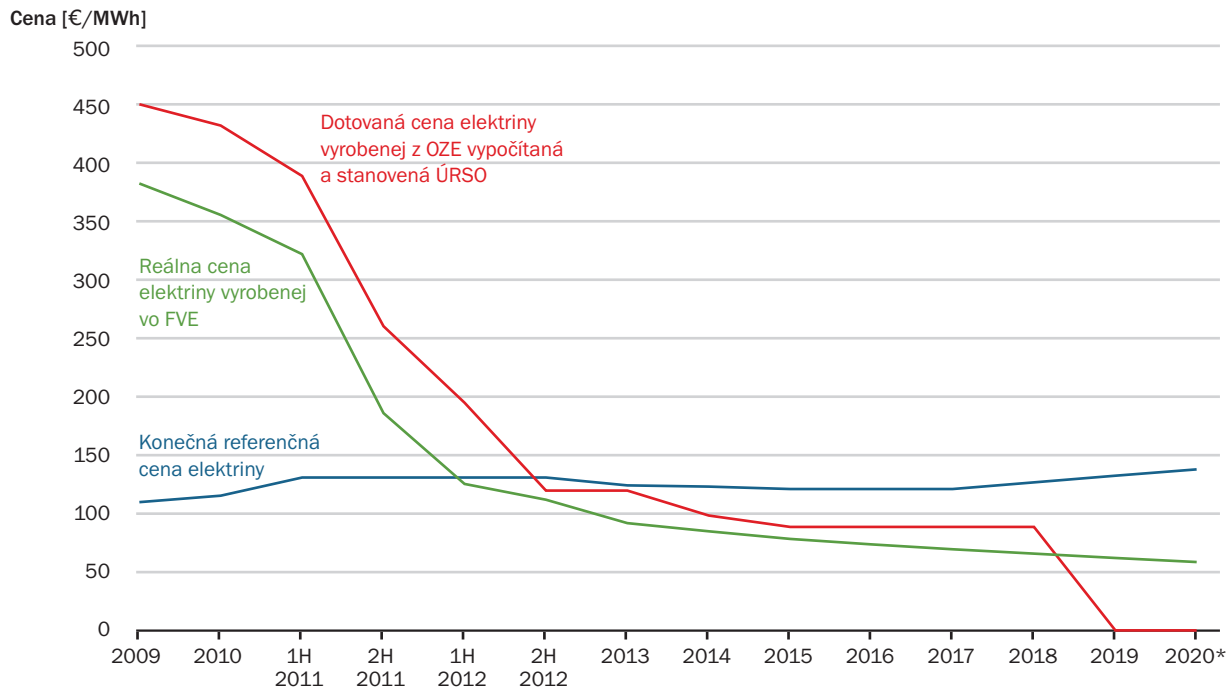
Slnko je obnoviteľný (nevyčerpatelný) zdroj, ktorý Zemi dodáva energiu „zadarmo“ a pravidelne. Zariadenia na premenu slnečnej energie na elektrickú sú už v súčasnosti technicky aj ekonomicky dostupné, bežne sa využívajú a rastúca intenzita ich využitia ich postupne posúva medzi komerčne konkurencieschopné energetické technológie.

Účelom tohto dokumentu bolo sformulovať metodický postup umožňujúci odhadnúť potenciál regiónu z hľadiska lokálnej premeny dostupnej slnečnej energie na elektrickú. Ide o aktualizovaný postup, ktorý v roku 2014 použili Priatelia Zeme-CEPA pri príprave energetickej analýzy v 4 mikroregiónoch v okolí Chránenej krajiny oblasti Poľana. Aj keď je táto metodika primárne určená centráram udržateľnej energetiky, ktoré v rokoch 2019 a 2020 v okresoch Kežmarok, Rimavská Sobota a Rožňava pripravujú nízkouhlíkové stratégie, nie je viazaná iba na tieto tri okresy a dá sa využiť plošne na celom území Slovenska.

Oproti slnečným termickým systémom, ktoré premieňajú slnečnú energiu na teplo s priemernou účinnosťou približne 30 – 40 %, fotovoltaické (FV) systémy premieňajú slnečnú energiu na elektrickú s priemernou účinnosťou 15 – 20 %. Ide o dva úplne odlišné systémy premeny slnečnej energie, ktoré sa však dajú v praxi rôznym spôsobom kombinovať a na ich inštaláciu je možné využiť tie isté plochy (napr. strechy budov).

Produkcia elektriny z väčších fotovoltaických zariadení (FVZ) s inštalovaným výkonom nad 1 MW je už ekonomicky konkurencieschopná v porovnaní s konvenčnou výrobou elektriny. Znamená to, že sa nachádza v pásme cenovej rovnosti (tzv. grid parity), t. j. cena elektriny produkovanej z FVZ je porovnateľná alebo nižšia ako koncová cena elektriny nakúpenej od klasických dodávateľov. Tento fakt potvrdzuje graf 1.

**Graf 1: Slovensko a grid parita**



Zdroj: Autor, 2019

Za koncovú cenu elektriny (referenčnú, modrá krivka) sa považovala cena v rámci druhej najnižšej domovej sadzby DD5<sup>1</sup>. Hodnoty v grafe do roku 2019 sú skutočné hodnoty, pre rok 2020 sa uvažovalo s približným rastom ceny silovej zložky 9 % (asi 3 % celkovej ceny dodanej elektriny). Červená krivka zobrazuje výkupnú cenu zahŕňajúcu aj štátnu podporu výroby elektriny z obnoviteľných zdrojov energie (OZE). Výšku dotácií do roku 2018 schvaľoval ÚRSO, od roku 2019 je štátna dotácia elektriny vyrobenej vo FV zariadeniach nulová.

Zelená krivka v grafe predstavuje reálnu cenu elektriny z FV zariadení počas 15 rokov produkcie (životnosť FV zariadení je vyše 20 rokov) a zahŕňa inštalačnú cenu v danom období (v prípade financovania investície z vlastných zdrojov) a reálne ročné prevádzkové náklady. Ak by sa do ceny tejto elektriny zohľadnila cena peňazí (v prípade investícií na úver alebo leasing), cena by bola vyššia asi o 20 až 30 €/MWh. Z grafu je zrejmé, že v roku 2012 sa cena z FV zariadení dostala do pásma cenovej rovnosti parity a v roku 2013 sú už FV zariadenia samofinancovateľné z vlastných zdrojov. V prípade investícií financovaných z úverov sú FV zariadenia v pásme cenovej rovnosti od roku 2014.

Graf potvrdzuje, že FV systémy majú širokú perspektívu uplatnenia na celom Slovensku, a to tak na úrovni domácností, majiteľov a užívateľov budov, obcí, miest i regiónov. Zásadný problém pre potenciálnych majiteľov takýchto zariadení však spočíva v nedostatku vlastných finančných zdrojov.

## Okrajové podmienky

Na území Slovenska Slnko žiari relatívne rovnomerne a výkonnosť FV zariadení pre bežne obývané plochy sa pohybuje v rozmedzí od 950 kWh/kW<sub>p</sub> do 1 150 kWh/kW<sub>p</sub>. To predstavuje asi 20-percentný rozdiel medzi severnými a južnými časťami Slovenska. Za štandardnú priemernú hodnotu výkonnosti FV elektrární (FVE) budeme preto považovať 1 000 kWh/kW<sub>p</sub>.

Pri optimálne nastavenom FV paneli nie je rozdiel, či je FVE inštalovaná na streche domu alebo na zemi. Miesto inštalácie je však dôležité z hľadiska záberu využiteľnej plochy, dostupnosti, možnosť optimálneho nastavenia, typu a spôsobu pripojenia a tieto faktory zásadne odlišujú pozemnú FV inštaláciu od strešnej.

Príprava nízkouhlíkových stratégií musí rešpektovať jednotnú kategorizáciu budov, ktorá vychádza z platných stavebných tepelno-technických noriem.<sup>2</sup> Pre kvantifikáciu energetického potenciálu strešných FV zariadení je však dôležitejší než účel budovy jej architektonický tvar, najmä tvar a veľkosť strechy, jej orientácia voči svetovým stranám, pri šikmých strechách aj sklon, charakter a množstvo strešných prvkov (okná, vikiere, komíny na južnej strane strechy), typ a kvalita strešnej krytiny a ďalšie faktory. Pre návrh FV zariadenia na budove je kľúčové vedieť, koľko z možnej produkcie elektriny sa spotrebuje v danej budove.

V prípade pozemných FV inštalácií existujú dva zásadne odlišné typy: pozemná inštalácia pre podporu energetickej nezávislosti regiónu a pozemná inštalácia investičného charakteru (určená na produkciu elektriny najmä na predaj do distribučnej siete – v tomto prípade nie je podstatné, kde sa elektrina spotrebuje). Pri kvantifikácii energetického potenciálu však uvedené dva typy pozemných FV inštalácií neberieme do úvahy.

Pozemná inštalácia pre podporu energetickej nezávislosti regiónu môže predstavovať inštalácie vo výkonových radoch desiatok až stoviek kW<sub>p</sub>, pričom takéto FVE môžu byť umiestnené na inak ťažko využiteľných plochách. Ako príklady môžu slúžiť prekrytie parkovacích miest, využitie pozemkov v bývalých technických a priemyselných zónach a areáloch a podobne.

1 Sadzba za dodávku elektriny DD5 je dvojtarifná a je vhodná najmä pre domácnosti s elektrickým priamovýhrevným vykurovaním, v ktorých sa na varenie, vykurovanie aj ohrev teplej vody používa len elektrina.

2 Podľa STN 73 0540-2 Tepelná ochrana budov sa budovy členia na nasledovné kategórie: rodinné domy, bytové domy, administratívne budovy, budovy škôl a školských zariadení, budovy nemocníc, budovy hotelov a reštaurácií, športové haly a iné budovy určené na šport a budovy pre veľkoobchodné a maloobchodné služby.



Investičné FVE sú budované na väčších plochách, pričom 1 MW<sub>p</sub> FVE zaberá asi 2 ha pôdy. Málakedy sú postavené na poľnohospodárskej pôde vysokej bonity, avšak aj zastavaný trvalý trávny porast alebo pôda s bonitou nižšou ako 6 je možné považovať za plytvanie poľnohospodárskou pôdou.

Výber lokality na výstavbu FVE musí spĺňať všetky environmentálne kritériá. Vylúčené sú všetky maloplošné a veľkoplošné chránené územia. Preferované sú nevyužívané, ruderálne plochy a nízko bonitné pôdy, resp. plochy negatívne ovplyvnené priemyselnou a inou antropogénnou činnosťou. Pri návrhu a výstavbe FVE je treba minimalizovať vplyv na územie (najmä zabrániť výraznejšiemu narušeniu pôdneho krytu) a zabezpečiť, aby po skončení jej prevádzky (po 25 – 30 rokoch) bolo možné bez problémov vrátiť lokalitu do pôvodného stavu.

Postup pre kvantifikáciu energetického potenciálu strešných FV inštalácií, ktorý je uvedený nižšie, predpokladá, že elektrina vyrobená vo FV zariadení je výlučne spotrebovaná v budove, na ktorom je takéto zariadenie inštalované. Ten istý predpoklad platí pre malé pozemné FVE – o ich produkcii sa predpokladá, že kryje spotrebu blízkeho objektu. Pri veľkých pozemných inštaláciách predpokladáme iba produkciu elektriny odovzdávanú do distribučnej siete (jej spotreba sa nerieši).

## Legislatíva a základná terminológia

Výroba, distribúcia a dodávka (predaj) elektriny je na Slovensku regulované podnikanie, ktorého podmienky upravuje Zákon o energetike č. 251/2012 Z. z. Za reguláciu týchto činností zodpovedá Úrad pre reguláciu sieťových odvetví (ÚRSO), ktorý sa riadi najmä zákonom č. 250/2012 Z. z. o regulácii v sieťových odvetviach. Využívanie OZE sa riadi zákonom č. 309/2009 Z. z. o podpore obnoviteľných zdrojov energie a vysoko účinnej kombinovanej výroby.

Výroba elektriny na akékoľvek iné účely ako vlastnú priamu spotrebu legislatíva považuje za podnikanie a regulovanú činnosť podľa zákona č. 251/2012. To isté sa týka distribúcie a predaja elektriny. Na výkon týchto činností sa vyžaduje registrácia alebo licencia od ÚRSO, na ktorú sa vzťahuje množstvo administratívnych povinností.

Existujú len tri spôsoby, ktoré umožňujú vytvoriť a prevádzkovať zdroj výroby elektriny bez toho, aby podliehal náročnej štátnej regulácii podnikania v elektroenergetike: systém výlučne určený pre vlastnú spotrebu alebo zdroj do 10 kW bez nároku na doplatok a zdroj s výkonom do 500 kW. Ekonomika všetkých týchto troch systémov vychádza z úspory elektriny nakupovanej z distribučnej siete (keďže vyrobenú elektrinu z vlastného zdroja netreba kúpiť od distribúcie).

### Výroba výlučne na vlastnú spotrebu

Podľa § 4 ods. 2 zákona č. 251 o energetike výroba výlučne na vlastnú spotrebu sa nepovažuje za podnikanie a tento zákon sa na takúto výrobu nevzťahuje.

Zriadenie takéhoto FV zdroja je možné iba do výkonu 500 kW<sub>p</sub> (pre iné ako slnečné zdroje je tento limit 1 MW<sub>p</sub>). Od roku 2019 je opäť možné budovať takéto FVE kdekoľvek; nie sú teda obmedzené iba na strechy a fasády budov. Takýto zdroj však nemá nárok na žiadnu z podpôr definovaných v zákone o podpore OZE.

## Výroba elektriny z malého zdroja

Novela zákona č. 309/2009 pod číslom 382/2013 Z. z. definuje ako „malý zdroj“ zariadenie na výrobu elektriny z OZE s celkovým inštalovaným výkonom do 10 kW. Podľa § 4a tejto novely od 1. 1. 2014 výrobca elektriny z malého zdroja nemá nárok na doplatok (pozri časť Formy podpory výroby elektriny z OZE). Administratívna záťaž súvisiaca s registráciou malého zdroja je porovnaní s inými zdrojmi nenáročná a výroba elektriny z takéhoto zdroja sa nepovažuje za podnikanie. Tento spôsob výroby je určený výhradne pre domácnosti.

## Výroba elektriny v lokálnom zdroji

Od 1. 1. 2019 platí novela zákona č. 309/2009 o podpore OZE a vysoko účinnej kombinovanej výroby, ktorá v § 4b zaviedla novú kategóriu výroby elektriny v lokálnom zdroji (LZ). Na rozdiel od malého zdroja, ktorý je uplatniteľný iba pre domácnosti, je LZ použiteľný pre akéhokoľvek výrobcu (fyzickú alebo právnickú osobu, verejné inštitúcie a pod.). Limit pre LZ je 500 kW alebo do výšky rezervovanej kapacity odberateľa. Účelom LZ je výroba prednostne pre vlastnú spotrebu. LZ môže v prípade nepredvídateľných okolností odovzdať prebytky výroby aj do prenosovej sústavy, avšak iba do výšky 10 % inštalovaného výkonu a po dobu menej ako 30 min. Výrobca môže z LZ do 10 % výkonu elektrinu aj predávať, ak je po jeho produkcii dopyt (kupujúceho si však výrobca zabezpečuje sám). Registrácia LZ podlieha pomerne zložitému procesu.

Všetky ostatné spôsoby výroby elektriny sa považujú za podnikanie v elektroenergetike a sú regulované štátom prostredníctvom ÚRSO. Preto aj potenciálny lokálny FV zdroj dodávajúci elektrinu viacerým užívateľom sa považuje za regulované podnikanie, a to dokonca v troch oblastiach:

- výroba elektriny (FV zdroj),
- distribúcia (ak sa vybudujú vlastné elektrické vedenia od zdroja k užívateľom),
- dodávka (ak zdroj a užívateľ nie je identický subjekt).

Pre takýto zdroj je určená podpora prednostným pripojením, prevzatím zodpovednosti za odchýlku a odpustením platby TPS (tarifa za prevádzkovanie systému) za vlastnú spotrebu.

Okrem uvedených spôsobov ešte existujú dve ďalšie možnosti štátom podporovanej výroby elektriny z OZE:

## Výroba elektriny s doplatkom

Od 1. 1. 2019 je tento druh podpory dostupný iba pre primárne obnoviteľné zdroje s výnimkou slnečnej energie. Takýto zdroj využíva podporu prednostným pripojením, výkupom nadbytočnej elektriny, doplatkom a prevzatím zodpovednosti za odchýlku.

## Aukcie na zdroje elektriny – výroba s príplatkom

Ide o nový spôsob pripájania výroby elektriny z OZE, na ktorý bude MH SR vyhlasovať tendre. Je určený pre priamu dodávku elektriny do sústavy a netýka sa významnejšie problematiky, ktorú rieši tento metodický dokument. Tento zdroj môže využiť podporu prednostným pripojením, výkupom nadbytočnej elektriny, príplatkom a prevzatím zodpovednosti za odchýlku.



## Formy podpory výroby elektriny z OZE

Zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore OZE a vysoko účinnej kombinovanej výroby upravuje päť foriem štátnej podpory výroby elektriny z OZE:

### Prednostné pripojenie a prístup do distribučnej siete (§ 3 ods. 1 písm. a)

Ak má distribučná spoločnosť voľnú technickú kapacitu, je povinná pripojiť FVE do siete a odobrať prednostne najprv všetku elektrinu z OZE a až potom z ostatných neobnoviteľných zdrojov. V porovnaní s inými štátmi (napr. Rakúsko, Nemecko, Nórsko atď.) sa z OZE vyrába relatívne malý podiel elektriny. Práve vďaka tejto legislatívnej podpore aj napriek tomu, že elektrina vyrobená z OZE je určená najmä na krytie strát v distribučnom systéme, sa s ňou obchoduje na trhu s elektrinou.

### Výkup elektriny na straty v distribučnom vedení (§ 3 ods. 1 písm. b)

Cena elektriny vyrobenej z OZE sa skladá z dvoch častí: cena elektriny ako tovaru (cena elektriny na straty) + bonus (doplatok) za produkciu elektriny z OZE. Cenu elektriny na straty určuje ÚRSO každoročne v cenových výmeroch pre všetky distribučné spoločnosti (v roku 2011 to bolo 60 €/MWh, 2012: 55 €/MWh, 2013: 49 €/MWh, 2014: 46 €/MWh a táto cena postupne klesala, len od roku 2018 sa opäť zvýšila a pre rok 2019 bola stanovená na úrovni 40,49 €/MWh). Od roku 2020 už nebude cenu elektriny na straty určovať ÚRSO na celý rok, ale cenu bude určovať trh s elektrinou a podľa toho sa bude priebežne meniť.

### Doplatok za výrobu „zelenej“ elektriny (§ 3 ods. 1 písm. c)

Ide o bonus za to, že výrobca vyrába elektrinu spôsobom šetrnejším k životnému prostrediu v porovnaní s výrobou z neobnoviteľných zdrojov. Je to vlastne časovo obmedzený investičný stimul do oblasti, ktorá je spoločensky dôležitá, ale vzhľadom na jej nedostatočné rozšírenie ešte nemá dostatočnú ekonomickú návratnosť.

### Prevzatie zodpovednosti za odchýlku (§ 3 ods. 1 písm. d)

Pretože pre správne fungovanie elektrickej siete je potreba neustále udržiavať vyrovnanú bilanciu medzi výrobou a spotrebou, výroba elektriny musí byť regulovaná. Ak spotreba elektriny rastie, musia sa zapnúť dodatočné výrobné zdroje a naopak, pri poklese spotreby elektriny sa niektoré výrobné kapacity utlmia alebo vypnú. Keďže výrobcovia elektriny z OZE majú prednostné právo na odber elektriny do distribučnej siete, ostatné zdroje treba podľa aktuálnej bilancie spotreby a výroby regulovať. Pri klasických zdrojoch má výrobca elektriny stanovený spodný limit na výrobu (koľko musí vždy dodať) aj horný limit (koľko maximálne smie dodať). Produkcia zdrojov na báze OZE však kolíše a v okamihu môže dokonca klesnúť na nulu (ak v prípade veternej elektrárne prestane fúkať vietor, ak v prípade malej vodnej elektrárne poklesne prietok vody v toku, alebo ak sa v prípade FVE zatiahne obloha). Takýto neočakávaný výpadok v sieti musia podľa zákona priebežne kompenzovať regionálne distribučné spoločnosti<sup>3</sup> a Slovenská elektrizačná prenosová sústava<sup>4</sup>. Legislatíva teda prenáša zodpovednosť za riešenie tohto problému z výrobcu elektriny z OZE na správcov prenosovej sústavy. Zásadnejší problém je to však iba pri veľkých zdrojoch, malé FV zariadenia týmto spôsobom ovplyvňujú sieť iba nepatrne (ale veľké množstvo malých zdrojov môže spôsobiť odchýlku medzi výrobou a spotrebou väčšieho rozsahu).

### Príplatok (§ 3 ods. 1 písm. e)

Príplatok je určený pre nový druh podporovaných systémov výroby elektriny z OZE (aukčné systémy) a netýka sa významnejšie problematiky, ktorú má riešiť tento metodický dokument.

3 Regionálne energetické distribučné spoločnosti zabezpečujú distribúciu a predaj elektriny všetkým kategóriám zákazníkov, servisné a zúčtovacie služby, realizáciu prípojných a odborných miest a správu rozvodní, transformovni a distribučných sietí 110 kV a 22 kV. Na Slovensku existujú tri regionálne distribučné spoločnosti: Západoslovenská energetika (pôsobí na území štyroch krajov západného Slovenska a Bratislavy), Stredoslovenská energetika (pôsobí na strednom Slovensku) a Východoslovenská energetika (pôsobí na území Košického a Prešovského kraja).

4 Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a. s. (SEPS) vznikla v roku 2002 a pôsobí ako prevádzkovateľ prenosovej sústavy na Slovensku. Garantuje bezpečnú a spoľahlivú prevádzku, vyrovnanú elektricko-energetickú bilanciu, zabezpečuje tranzit, export a import elektriny.

Zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore OZE a vysoko účinnej kombinovanej výroby stanovuje dĺžku trvania uvedených foriem podpory. Výrobca elektriny z FV zariadenia alebo elektrárne má nárok na doplatok za vyrobenú elektrinu po dobu 15 rokov od uvedenia zdroja do prevádzky. Po tomto čase až do likvidácie zariadenia bude môcť predávať elektrinu ako tovar za bežnú komerčnú cenu (jej výška sa však vopred nedá dostatočne presne odhadnúť). Prednostný prístup, výkup elektriny na straty a prevzatie zodpovednosti platí po dobu životnosti FV zariadenia.

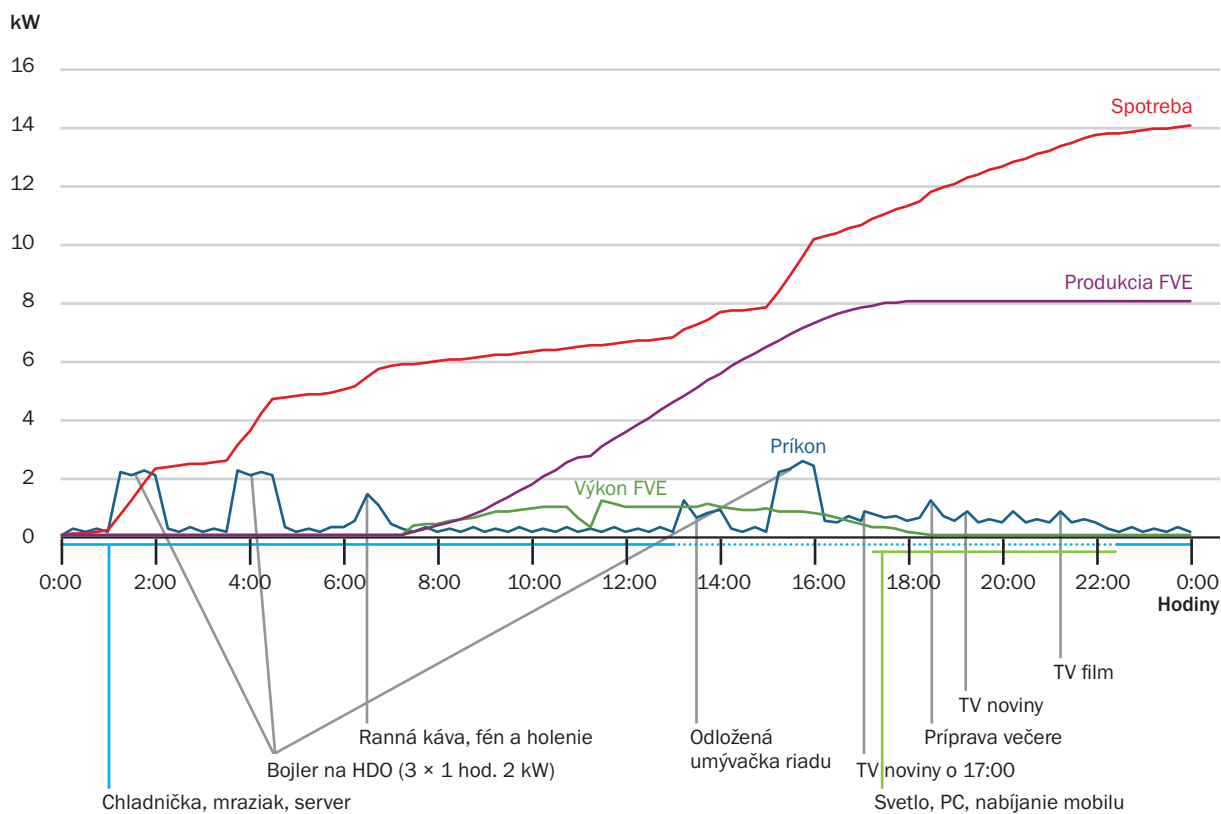
### Výkon, produkcia a spotreba

Pre hlbšie pochopenie uvedenej legislatívy, ale aj pre kvantifikáciu potenciálu FV využitia slnečnej energie je nevyhnutné rozumieť základnej terminológii.

Inštalovaný výkon je veličina udávajúca maximálny elektrický výkon, ktorý je FV inštalácia schopná dodať. Jednotka výkonu je W (kW, MW), resp.  $W_p$  (Watt peak, nominálna jednotka výkonu FV panelu alebo FVE). Pretože maximálny výkon v konkrétnom čase závislý od momentálneho slnečného žiarenia, teploty a spôsobu inštalácie,  $W_p$  vyjadruje hodnotu výkonu FV zdroja pre nasledovné štandardne definované podmienky: homogénna energia v slnečnom lúči  $1\,000\text{ W/m}^2$ , vonkajšia teplota  $25\text{ °C}$  a panel situovaný kolmo na slnečné lúče. Inštalovaný výkon bežných FV panelov s rozmermi  $1,65\text{ m} \times 1\text{ m}$  sa pohybuje od 260 do  $300\text{ W}_p$ . Dodávaný výkon takéhoto panelu (konkrétna meraná hodnota) je teda od 0 W (v noci) do 300 W (za priameho slnka). Za istých podmienok – pri silnom žiarení a veľmi nízkych vonkajších teplotách  $-15\text{ °C}$  a menej) – môže dodávaný výkon dosiahnuť až 130 % špičkového výkonu stanoveného pre štandardne definované podmienky ( $W_p$ ).

Ak by FV panel s výkonom napr.  $250\text{ W}_p$  vyrábala elektrinu nepretržite jednu hodinu na tejto úrovni, jeho produkcia dosiahne 250 Wh (Watt hodín – jednotka energie).

**Graf 2: Porovnanie denného priebehu spotreby elektriny v domácnosti a jej výroby vo FVE**



Zdroj: Autor, 2019

Sumarizácia:

Veličina	Jednotka	Hodnoty
Príkion domácnosti	kW	Priemerný: 0,59 Špičkový: 2,55
Denná spotreba domácnosti	kWh	14,15
Výkon FVE	kW	Priemerný: 0,34 Špičkový: 1,20
Produkcia FVE	kWh	8,10

Graf 2 ukazuje denný priebeh spotreby elektriny vo fiktívnej domácnosti. Ide o letnú prevádzku, kde ohrev vody (TÚV) zabezpečuje bojler s hromadným diaľkovým ovládaním<sup>5</sup> s výkonom 2 kW. Domácnosť nie je napojená na plyn, preto sa varí na elektrickom sporáku. Chladnička s mrazničkou je zapnutá celý deň – kompresor v chladničke sa zapína každú polhodinu, v mrazničke každých na 15 min.

Z grafu je zrejmé, že krivka príkonu domácnosti sa nekryje s krivkou výkonu FVE. Základná denná spotreba elektriny domácnosti sa pohybuje na úrovni 100 W (200 až 250 W pri zapnutej chladničke alebo mrazničke). K vysokej spotrebe domácnosti dochádza najmä mimo produkcie FVE. Vyššia spotreba elektriny v čase produkcie FVE je spôsobená iba odloženým štartom umývačky riadu.

Účelom príkladu je naznačiť podstatu optimalizácie produkcie FVE a spotreby elektriny v rámci budovy a ilustrovať dôsledok inštalácie FVE ako izolovaného prvku nezohľadňujúceho celý energetický systém budovy.

Pri kvantifikácii FV potenciálu budeme považovať budovu s inštalovanou FVE za stopercentného spotrebiteľa vyrobenej elektriny. Za tohto predpokladu je potrebné riešiť jeden z dvoch základných technologických variantov FV systému: (a) systém bez uskladnenia vyrobenej elektriny určený na optimalizáciu priebežnej spotreby, (b) systém s uskladnením energie na čas spotreby (ostrovny alebo hybridný systém).

## Typy fotovoltaických elektrární

### FVE s priamou dodávkou do siete

Tento typ FVE sa najviac podobá klasickej elektrárni. FVE môže byť umiestnená na zemi alebo na budove, ide však o samostatný energetický systém, ktorý nie je prepojený na vnútorné elektrické rozvody v budove. Vyžaduje si novú samostatnú elektrickú prípojku a celá vyrobená elektrická energia je dodávaná do distribučnej siete. Meranie vyrobenej a dodanej elektriny je v jednom mieste. Merač elektriny dodá a nainštaluje príslušná regionálna distribučná spoločnosť.

Výhody tohto typu FVE je jej jednoznačná identifikácia a odpis vyrobenej a spotrebovanej elektriny z jedného miesta.

Nevýhodou je povinnosť zriadenia novej prípojky a odberného miesta, čo si často vyžaduje výkop cez pozemok majiteľa FVE (preferovaná je zemná prípojka). Vytvorenie nového (samostatného) odberného miesta znamená nové náklady za pripojenie a mesačné platby za odberné miesto.

Majiteľ FVE následne fakturuje distribučnej spoločnosti osobitne za dodávku elektriny na straty a doplatok podľa zákon č. 309/2009 Z. z. o podpore OZE a vysoko účinnej kombinovanej výroby. Obe faktúry sa vzťahujú na rovnaké množstvo elektrickej energie.

Od januára 2019 už takýto typ FVE nie je možné uviesť do prevádzky.

<sup>5</sup> Hromadné diaľkové ovládanie umožňuje distribučným spoločnostiam v prípade potreby zapínať špirály v bojleroch, t. j. regulovať spotrebu elektriny.

### FVE s meraním na svorkách zdroja

FVE je v tomto prípade umiestnená na budove a elektrické vedenie z meničov je pripojené na elektrickú sieť budovy. Medzi FVE a elektrickou sieťou budovy je nainštalovaný merač vyrobenej elektriny (meranie na svorkách zdroja). Toto meranie musí byť certifikované a zodpovedá za neho majiteľ FVE, nie distribučná spoločnosť. Elektrina sa priebežne – čiastočne alebo úplne – spotrebúva v budove. Prebytky elektriny idú elektrickou inštaláciou do odberného miesta budovy. Distribučná spoločnosť v tomto mieste vymení (v rámci pripojovacieho poplatku – t. j. bez dodatočných nákladov žiadateľa) pôvodný merač odobratej elektriny za „obojsmerné“ meranie (tzv. štvorkvadrantné meranie). Toto meranie však meria iba elektrinu dodanú do distribučnej siete.

Výhody tohto typu FVE spočívajú okrem nižších zriaďovacích nákladov najmä v tom, že časť elektriny vyrobenej z OZE je spotrebovaná priamo v budove, čím sa menej zaťažuje distribučná sieť. Keďže FVE sa pripája do elektrickej siete budovy, nepotrebuje novú prípojku a samostatné odberné miesto. V čase produkcie elektriny z FVE budova odoberá menej elektriny z distribučnej siete (ale dokonca neodoberá žiadnu elektrinu), čo znižuje jej prevádzkové náklady.

Nevýhodou takéhoto systému je, že pri výpadku dodávky elektriny zo siete nemôže pracovať ani takáto FVE. Preto sa nedá použiť ako záložný zdroj v lokalitách s nestabilnou dodávkou elektriny.

Majiteľ FVE fakturuje distribučnej spoločnosti za dve položky: dodávku elektriny na straty a doplatok. V tomto prípade však budú faktúry vychádzať z rôznych množstiev elektriny. Faktúra na doplatok sa odvíja od hodnoty nameranej na elektromere na „svorkách generátora“ (pri meniči alebo meničoch). Odpočet tohto elektromeru zabezpečuje majiteľ FVE a distribučná spoločnosť tu vykonáva iba kontrolnú funkciu. Účtuje sa celá vyrobená elektrina. Druhá faktúra za na dodávku energie na krytie strát vychádza z nameranej hodnoty na pôvodnom odbernom mieste budovy novým elektromerom. Za tento elektromer zodpovedá distribučná spoločnosť. Keďže časť elektriny vyrobenej vo FVE budova spotrebuje, fakturuje sa za rozdiel medzi elektrinou vyrobenou a dodanou do distribučnej siete. Za elektrinu z FVE dostane jej majiteľ síce menej, ušetrí však na odbere elektriny z distribučnej siete. Takýto spôsob pripojenia FVE ekonomicky aj spoločensky výhodný. Znamená nižšie vstupné náklady, mierne vyššiu ziskovosť, ale najmä znižuje záťaž distribučnej siete a prispieva k lokálnej energetickej nezávislosti. Preto je tento typ FVE je v súčasnosti najpoužívanejší.

Tento typ produkcie elektriny je využiteľný najmä pre aukčné zdroje a výrobu elektriny z iných OZE ako slnka. Od januára 2019 už takýto typ FVE nie je možné uviesť do prevádzky.

### Ostrovná FVE

Ostrovný systém je taký, ktorý vôbec nie je pripojený do distribučnej sústavy. Najčastejšie sa uplatňuje tam, kde takáto sieť nie je k dispozícii, alebo pripojenie na ňu by znamenalo vysoké náklady. V krajinách s intenzívnym využívaním FV systémov (napr. v Nemecku) sa ostrovne FVE využívajú aj na miestach, kde je distribučná sieť k dispozícii, ale majiteľ budovy alebo prevádzky chce dosiahnuť vlastnú energetickú nezávislosť.

Tento typ FVE je investične náročnejší, pretože jeho súčasťou je aj systém uskladnenia energie na obdobie jej neskoršieho využitia. Elektrina sa najčastejšie uskladňuje v batériách. Môže sa však využiť napríklad aj na čerpanie vody do zásobníkov pre jej neskoršie hospodárske využitie alebo na ohrev vody v bojleroch. Perspektívnou formou ukladania elektriny bude výroba vodíka pomocou elektrolýzy vody ako paliva pre vodíkový palivový článok.

Výhoda ostrovných FVE spočíva v tom, že zvyšuje mieru lokálnej energetickej nezávislosti.

Majiteľ takéhoto systému síce nie je pripojený do distribučnej siete, ale podľa zákona č. 309/2009 Z. z. o podpore OZE a vysoko účinnej kombinovanej výroby má nárok na doplatok za vyrobenú elektrinu. Na svorkách FV zdroja nainštaluje meranie vyrobenej elektriny a po splnení administratívnych povinností môže distribučnej spoločnosti fakturovať doplatok za vyrobenú elektrinu. Účtuje sa celá vyrobená elektrina. Z povahy tohto typu FVE nie je možné fakturovať za dodávku elektriny na krytie strát.

Od januára 2019 takáto výroba elektriny už nemá nárok na žiadnu legislatívnu podporu a je preto vhodná len na krytie vlastnej spotreby.

### **FVE ako záložný systém**

Tento typ kombinuje predchádzajúce dva systémy v snahe eliminovať nevýhody sieťovej fotovoltiky aj ostrovných systémov.

Systémy pripojené do distribučnej siete sa totiž synchronizujú (fázujú). Pretože do siete dodávajú elektrinu, musia ju vyrábať s fyzikálnymi parametrami siete, inak by došlo k poškodeniu FVE. Vyplyva z toho aj to, že takáto FVE pri výpadku siete nemôže a ani nesmie fungovať. Výpadok siete totiž môže zapríčiniť porucha, ktorú treba opraviť alebo plánovaná rekonštrukcia. V oboch prípadoch si bezpečnosť obslužného personálu bezpodmienečne vyžaduje, aby žiaden zdroj do siete elektrinu v čase opráv porúch alebo plánovaných zásahov nedodával.

Nevýhodou ostrovných systémov je ich cena (investícia), ktorá je vždy vyššia ako u sieťových systémov. Okrem toho, v prípade ich poruchy vypadne jediný zdroj elektriny.

Kombinácia oboch systémov môže tieto nevýhody eliminovať. Za normálnych okolností pracuje takýto kombinovaný systém ako FVE s meraním na svorkách zdroja (zväčša bez akumulácie). V prípade výpadku siete sa systém prepne do ostrovného režimu – odpojí distribučnú sieť, aby ju neovplyvňoval a začne zásobovať budovu ako ostrov. Takéto systémy sa používajú najmä v zahraničí v regiónoch s nestabilnou sieťou. Ich legislatívny status na Slovensku nie je jednoznačný. Nie sú explicitne zakázané, ale distribučné spoločnosti ich odmietajú povoľovať. Keďže sú zodpovedné za technický stav siete, ich postavenie v povoľovacích konaniach je rozhodujúce.

Tento spôsob typ FVE je možný použiť na krytie vlastnej spotreby aj ako lokálny zdroj.

## **Využitie akumulácie**

Akumulácia elektriny je v súčasnom legislatívnom prostredí dôležitou súčasťou FV systémov. Výroba pre vlastnú spotrebu v malom aj lokálnom FV zdroji vychádza z princípu samozásobovania (vyrobenú elektrinu netreba kupovať) a z potreby čo najväčšiu časť vyrobenej elektriny hneď spotrebovať. Ako je uvedené vyššie, režim výroby elektriny sa iba málokedy kryje s režimom jej spotreby. Práve preto rastie význam akumulácie vyrobenej elektriny na jej neskoršie energetické využitie – formou ukladania elektriny (v reálnych alebo virtuálnych batériách alebo ultrakapacitoroch) alebo v inej forme energie (napr. tepla v bojleroch na teplú vodu alebo potenciálovej energie v presune hmoty atď.).

### **Elektrické batérie**

Od roku 2018 došlo vďaka masívnemu využívaniu lítiových batérií k rapídному poklesu ich ceny. Súčasná cena na hranici 200 €/kWh už umožňuje finančne návratnú akumuláciu elektriny. Znamená to, že batéria počas svojej životnosti generuje príjem, ktorý prevyší jej investičné a prevádzkové náklady.

Legislatíva tomuto spôsobu akumulácie síce nebráni, ale ani ho účinne nepodporuje. Elektrické batérie v rodinných domoch je napríklad možné použiť na základe § 4 ods. 2 upravujúci výrobu elektriny výlučne na vlastnú spotrebu. Avšak uložení elektrinu nie je možné prenášať medzi dvoma subjektmi priamo pomocou elektrických vedení, ale je nutné využiť distribučnú sústavu, čo však predstavuje pre producenta elektriny z množstvo ekonomických a administratívnych komplikácií.

Použitie batérií sa preto v súčasnosti využíva na neregulované samozásobovanie. Bežne sa využíva v rozsahu 2 – 20 kWh s možnosťou krytia potreby v rozmedzí niekoľkých hodín (1 až 7 hodín plného výkonu).

### Inteligentné siete a virtuálne batérie

Inteligentná sieť (Smart Grid) je v podstate mikro-distribučná sústava na malom území s obmedzeným počtom spotrebiteľov elektriny, ktorí sú zároveň aj jej výrobcovia (ich produkcia obyčajne prevyšuje vlastnú spotrebu), prípadne spotrebiteľov napojených na systém spoločného riadenia spotreby (ide o obdobu hromadného diaľkového ovládania). Napríklad niekoľko desiatok budov alebo prevádzok je vzájomne prepojených, pričom do nadradenej distribučnej sústavy sú pripojené iba jedným odberným a odovzdávacím miestom. Cez toto miesto odoberajú elektrinu iba v čase, keď nie sú schopní pre seba vyrobiť dostatok energie, alebo budú elektrinu odovzdávať, ak vyrobenú elektrinu nie sú schopní spotrebovať.

Súčasná energetická legislatíva však takéto inteligentné siete nepozná a tak ich je možné vybudovať len v areáloch, kde začína nová výstavba a nie sú ešte zriadené inžinierske siete. Správca takéhoto areálu (napr. kolektívna výstavba rodinných domov, malý priemyselný areál alebo väčšie obchodné stredisko) centrálnie nakupuje elektrickú energiu a svojim spotrebiteľom ju predáva za nákupnú cenu. Využíva ustanovenie § 4 ods. (2) energetického zákona, ktorý predaj (dodávku) elektriny za nákupné ceny nepovažuje za podnikanie.

Virtuálna batéria využíva dva prvky: skutočnú batériu na ukladanie elektriny a paralelné (súčasnú) využívanie viacerých spotrebičov v rámci toho istého systému – tzv. súdobosť. Súdobosť vyjadruje pravdepodobnosť súčasného používania viacerých elektrických spotrebičov. Potreby jednotlivých prvkov sústavy sú rôzne. Niektoré v danom čase potrebujú elektrinu spotrebovať a iné v tom istom čase majú elektriny nadbytok alebo ju vôbec nepotrebujú. Reálne batérie sú rozmiestnené na viacerých miestach sústavy, ale ich kapacita je menšia ako je prostý súčet požiadaviek všetkých prvkov na uloženie elektriny. V rámci virtuálnej batérie je takto možné pri viacerých klientoch využiť spotrebu iných, namiesto ukladania prebytkov elektriny do skutočnej batérie. Umožní to poskytovať virtuálne viac priestoru v úložisku viacerým klientom bez toho, aby sa úmerne k tomu zvyšovala kapacita reálnej batérie.

Na Slovensku už pôsobí dodávateľ elektriny, ktorý ponúka službu virtuálnej batérie. V tomto prípade však ide iba o tzv. net-metering na úrovni ceny silovej elektriny. Pretože ponúkaná virtuálna batéria je k dispozícii iba klientom FVE z programu Zelená domácnosť, a to len tých FVE, ktoré boli vybudované týmto dodávateľom, táto služba nie je dostupná každému. Ponúkaná služba ani nedisponuje reálnymi batériami, iba využíva možnosť bezplatne dodať nadbytky vyrobenej elektriny vo FVE a v inom čase ich zasa (avšak nie úplne) bezplatne odobrať. Výrobca teda odovzdáva do sústavy prebytky svojej produkcie elektriny bezplatne, jeho nárok na odber elektriny v čase potreby je však podmienený tým, že zaplatí všetky sieťové a administratívne poplatky vrátane napr. DPH (t. j. celkovú cenu bez ceny silovej elektriny). Keďže cena silovej elektriny tvorí v koncovej cene iba asi jednu tretinu, užívateľ takejto virtuálnej batérie platí za „svoju“ elektrinu všetky súvisiace poplatky (teda približne dve tretiny koncovej komerčnej ceny elektriny). Ekonomicky je takýto typ virtuálnej batérie pre výrobcu nevýhodný aj preto, že musí navyše platiť aj poplatok za možnosť využívania tejto služby (teda platí aj v čase, keď službu aktívne nevyužíva). V porovnaní s tým by obstaranie reálnej batérie priamo u klienta bolo celkovo lacnejšie, avšak vyžadovalo by si na začiatku zaplataenie celých investičných nákladov.

### Ultrakapacitory

Ide o modernú, ale zatiaľ veľmi nákladnú technológiu, ktorá sa využíva tam, kde je potrebné rýchlo dodať vysoké výkony v krátkom čase (v rozsahu sekúnd až desiatok minút). Elektrina sa v kapacitoroch (kondenzátoroch) ukladá priamo ako elektrický náboj. V rámci regionálnej energetiky sa tento spôsob ukladania elektriny zatiaľ pre jeho vysokú cenu v dohľadnom čase pravdepodobne neuplatní.

### Akumulácia do tepla

Podobne ako pri elektrických batériách ide o neregulované a striktné decentralizované riešenie určené na samozásobovanie. Spočíva v premene elektriny na teplo (napr. v elektrickej špirále bojlera). Takto premenená elektrina sa však už nedá znovu zmeniť na elektrinu. Na rozdiel od akumulácie do batérií sa môže využiť existujúca technológia v budove (systém prípravy teplej vody) a tak sa nezvyšujú investičné náklady. Z energetického hľadiska je však účinnosť takejto dvojnásobnej premeny energie veľmi málo účinná.



# Kvantifikácia potenciálu fotovoltaického využitia slnečnej energie

Pre vyhodnotenie regionálneho potenciálu je dôležité vymedziť, či hovoríme o energetickom potenciáli alebo o ekonomickom potenciáli.

Energetický potenciál udáva množstvo elektriny, ktoré je daný región schopný reálne vyrobiť bez ohľadu na to, či sa vyrobená elektrina lokálne spotrebuje alebo sa predá na trhu. Energetický potenciál nezohľadňuje cenu vyrobenej elektriny ani úspory financií, ktoré jej lokálna produkcia prinesie regiónu tým, že kryje celú alebo časť miestnej spotreby namiesto komerčných dodávok, resp. koľko príjmov prinesie do regiónu, ak sa produkcia predá na trhu. (Výhodou FV zariadení je ich bezproblémová a rýchla regulácia – ak napríklad nie je možné vyrobenú elektrinu spotrebovať ani dodať do siete, FV zariadenie jednoducho prestane produkovať, aj keď svieti Slnko.)

Ekonomický potenciál s istým zjednodušením berie do úvahy uvedené faktory.

Tento metodický postup sa zameriava na stanovenie **energetického potenciálu** FV využitia slnečnej energie. Na tento účely sme stanovili tri typy využiteľných lokalít pre inštalácie FVE:

- Budovy so šikmou strechou
- Budovy s plochou strechou
- FVE na voľnej ploche

Toto členenie zahŕňa prakticky všetky dostupné varianty umiestnenia FVE, ktoré v regiónoch prichádzajú do úvahy. Celkový potenciál FV využitia slnečnej energie v regióne tvorí súčet potenciálov FVE inštalovaných na všetkých budovách a na voľných plochách.

## Disponibilná plocha

Rozhodujúci faktor ovplyvňujúci veľkosť energetického potenciálu FV využitia slnečnej energie je veľkosť plochy, ktorá je k dispozícii na ich inštaláciu. Ako sme však uviedli v časti o okrajových podmienkach, v prípade strešných inštalácií na budovách je okrem veľkosti strechy veľmi dôležitý aj jej tvar (t. j. či je šikmá alebo plochá).

Pri strešných inštaláciách uvažujeme prednostne s kombináciou termických aj FV systémov. To sa však týka iba takých budov, pri ktorých má inštalácia termických systémov ekonomické opodstatnenie (pozri osobitnú metodiku Kvantifikácia potenciálu termického využitia slnečnej energie). V takýchto prípadoch sa výpočet potenciálu FV zariadení odvíja od celkovej disponibilnej plochy strechy danej budovy zmenšenej o plochu potrebnú na inštaláciu termických slnečných kolektorov.

$$S_{FV} = S_{celk} - S_{term} \quad [m^2]$$

kde:

$S_{FV}$  – disponibilná plocha strechy budovy pre inštaláciu FV panelov [ $m^2$ ]

$S_{celk}$  – celková disponibilná plocha strechy budovy [ $m^2$ ]

$S_{term}$  – plocha strechy budovy potrebná na inštaláciu termických slnečných kolektorov [ $m^2$ ]

Pričom:

$$S_{term} = A_{kol} * Q / q_{priem} \quad [m^2]$$

kde:

$Q$  – ročný energetický potenciál termického využitia slnečnej energie na streche budovy [kWh]

Postupy pre výpočet  $Q$  sú rôzne pre jednotlivé kategórie budov a sú uvedené v osobitnej metodike Kvantifikácia potenciálu termického využitia slnečnej energie.

$q_{priem}$  – ročný energetický zisk z priemerného slnečného kolektora [kWh]

$$q_{priem} = 825 \text{ kWh}$$

$A_{kol}$  – plocha potrebná na inštaláciu priemerného (plochého) slnečného kolektora [ $m^2$ ]

$$A_{kol, P} = 4 \text{ m}^2 \text{ pre ploché strechy}$$

$$A_{kol, \check{S}} = 2 \text{ m}^2 \text{ pre šikmé strechy}$$

Skupina FVE na voľnej ploche zahŕňa všetky vhodné voľné plochy bez ohľadu na vlastníctvo a týka sa FVE s inštalovaným výkonom nad 100 kW. Pre malé a veľmi malé FVE na voľnej ploche pri budove sa uplatní postup na kvantifikáciu potenciálu pre budovy s plochou strechou.

# Postupy pre kvantifikáciu ročného energetického potenciálu fotovoltaického využitia slnečnej energie

Pre výpočet ročného energetického potenciálu zanedbávame nasledujúce parametre:

- Nosný systém striech
- Teoreticky maximálne pokrytie disponibilných častí striech panelmi FVE
- Umiestnenie meničov napätia (t. j. ignorujeme straty vo vedení)
- Spôsob pripojenia do elektrickej sústavy

## FVE inštalované na budovách so šikmou strechou

Ideálna orientácia hrebeňa šikmej strechy je východ-západ, za ideálny sklon šikmej strechy sa považuje 20° až 40°. Za typickú šikmú strechu sa považuje sedlová strecha. Na inštaláciu solárnych systémov dá využiť iba polovica z plochy takejto strechy (zvyšná časť sedlových striech je orientovaná viac alebo menej na sever a je preto na tento účel nevyužiteľná). Pri priemernom sklone strechy 30° to zodpovedá 1,15-násobku polovice pôdorysnej plochy budovy. Z tejto plochy je však ďalej nevyužitelných 15 % (okraje strechy, bleskozvody, komíny, klampiarske práce atď.).

Ročný energetický potenciál FV využitia slnečnej energie v jednej budove so šikmou strechou sa vypočíta nasledovne:

$$Q = [(S_{\text{celk, š}} - S_{\text{term, š}}) / A_{\text{FV}}] * P_{\text{FV}} * 10^{-3} * \eta = 147,1 * S_{\text{FV}} \quad [\text{kWh}]$$

kde:

$Q$  – ročný energetický potenciál FV využitia slnečnej energie v budove [kWh]

$S_{\text{celk, š}}$  – celková disponibilná plocha šikmej strechy budovy [ $\text{m}^2$ ]

$S_{\text{term, š}}$  – plocha šikmej strechy budovy potrebná na inštaláciu termických slnečných kolektorov [ $\text{m}^2$ ]

Pozri výpočtový vzorec v predchádzajúcom rámcu.

$S_{\text{FV}}$  – disponibilná plocha strechy budovy pre inštaláciu FV panelov [ $\text{m}^2$ ]

$A_{\text{FV}}$  – štandardná plocha FV panela [ $\text{m}^2$ ]

$$A_{\text{FV}} = 1,7 \text{ m}^2$$

$P_{\text{FV}}$  – štandardný výkon FV panela [ $\text{W}_p$ ]

$$P_{\text{FV}} = 250 \text{ W}_p$$

$\eta$  – štandardná výkonnosť FV panela [kWh/ $\text{kW}_p$ ]

$$\eta = 1 \text{ 000 kWh/kW}_p$$

Pričom:

$$S_{\text{celk, š}} = 0,5 * 1,15 * 0,85 * A_{\text{p, š}} = 0,489 * A_{\text{p, š}} \quad [\text{m}^2]$$

kde:

$S_{\text{celk, š}}$  – celková disponibilná plocha šikmej strechy budovy [ $\text{m}^2$ ]

$A_{\text{p, š}}$  – pôdorysná plocha budovy so šikmou strechou [ $\text{m}^2$ ]

Ako vyplýva z uvedených vzťahov, inštalovateľný výkon (t. j. priemerný dosiahnuteľný výkon FVE na 1 m<sup>2</sup> plochy strechy je približne 147 W<sub>p</sub>.

Predpokladáme, že iba 75 % budov so šikmými strechami v regióne je vhodných na inštaláciu solárnych systémov (v štvrtine prípadov to rôzne technické, architektonické, právne a terénne obmedzenia a orientácia šikmých striech voči svetovým stranám neumožňujú).

Ročný energetický potenciál FV využitia slnečnej energie vo všetkých budovách so šikmými strechami v regióne sa vypočíta nasledovne:

$$\sum S_{FV, \dot{s}} = \sum S_{celk, \dot{s}} - \sum S_{term, \dot{s}} \quad [m^2]$$

kde:

$\sum S_{FV, \dot{s}}$  – súčet disponibilných plôch všetkých šikmých striech pre inštaláciu FV panelov [m<sup>2</sup>]

$\sum S_{celk, \dot{s}}$  – súčet celkových disponibilných plôch šikmých striech v regióne [m<sup>2</sup>]

$\sum S_{term, \dot{s}}$  – súčet plôch šikmých striech v regióne potrebných na inštaláciu termických slnečných kolektorov [m<sup>2</sup>]

Pričom:

$$\sum S_{celk, \dot{s}} = 0,75 * 0,489 * \sum A_{p, \dot{s}} = 0,337 * \sum A_{p, \dot{s}} \quad [m^2]$$

kde:

$\sum A_{p, \dot{s}}$  – súčet pôdorysných plôch všetkých budov so šikmými strechami v regióne [m<sup>2</sup>]

## FVE inštalované na budovách s plochou strechou

Ideálny sklon FV panelov na plochej streche je 30°. Plocha plochej strechy sa rovná pôdorysnej ploche najvyššieho nadzemného podlažia (ak je objekt vertikálne členitý), resp. pôdorysnej ploche budovy (v prípade budov tvaru kvádra). Keďže na plochej streche sa FV panely musia umiestniť na konštrukciu s optimálnym sklonom 30° a treba predísť tomu, aby sa navzájom tienili (z tohto dôvodu musí byť medzi radmi FV panelov medzera, ktorá je približne dvojnásobná široká ako je šírka panelov), postup výpočtu sa podobá prípadu FVE na voľnej ploche. V takomto prípade je reálna disponibilná plocha strechy približne 33 %. Z tejto plochy je však ďalej nevyužiteľných 15 % (okraje strechy, bleskozvody, komíny, klampiarske práce atď.).

Ročný energetický potenciál FV využitia slnečnej energie v jednej budove s plochou strechou sa vypočíta nasledovne:

$$Q = [(S_{celk, P} - S_{term, P}) / A_{FV}] * P_{FV} * 10^{-3} * \eta = 147,1 * S_{FV} \quad [kWh]$$

kde:

Q – ročný energetický potenciál FV využitia slnečnej energie v budove [kWh]

$S_{celk, P}$  – celková disponibilná plocha plochej strechy budovy [m<sup>2</sup>]

$S_{term, P}$  – plocha plochej strechy budovy potrebná na inštaláciu termických slnečných kolektorov [m<sup>2</sup>]

Pozri výpočet vyššie.

$S_{FV}$  – disponibilná plocha strechy budovy pre inštaláciu FV panelov [m<sup>2</sup>]

$A_{FV}$  – štandardná plocha FV panela [m<sup>2</sup>]

$$A_{FV} = 1,7 \text{ m}^2$$

$P_{FV}$  – štandardný výkon FV panela [ $W_p$ ]  
 $P_{FV} = 250 W_p$   
 $\eta$  – štandardná výkonnosť FV panela [ $kWh/kW_p$ ]  
 $\eta = 1\,000 kWh/kW_p$

Pričom:

$$S_{celk, \xi} = 0,33 * 1,15 * 0,85 * A_p = 0,323 * A_{p, P} \quad [m^2]$$

kde:

$S_{celk, P}$  – celková disponibilná plocha plochej strechy budovy [ $m^2$ ]  
 $A_{p, P}$  – pôdorysná plocha budovy s plochou strechou [ $m^2$ ]

Predpokladáme, že iba na 75 % budov s plochými strechami v regióne je možné inštalovať solárne systémy (v štvrtine prípadov to rôzne technické, architektonické, právne a terénne obmedzenia neumožňujú).

Ročný energetický potenciál FV využitia slnečnej energie vo všetkých budovách s plochými strechami v regióne sa vypočíta nasledovne:

$$\sum s_{FV, P} = \sum s_{celk, P} - \sum s_{term, P} \quad [m^2]$$

kde:

$\sum s_{FV, P}$  – súčet disponibilných plôch všetkých plochých striech pre inštaláciu FV panelov [ $m^2$ ]  
 $\sum s_{celk, P}$  – súčet celkových disponibilných plôch plochých striech v regióne [ $m^2$ ]  
 $\sum s_{term, P}$  – súčet plôch plochých striech v regióne potrebných na inštaláciu termických slnečných kolektorov [ $m^2$ ]

Pričom:

$$\sum s_{celk, P} = 0,75 * 0,323 * \sum A_{p, P} = 0,242 * \sum A_{p, P} \quad [m^2]$$

kde:

$\sum A_{p, P}$  – súčet pôdorysných plôch všetkých budov s plochými strechami v regióne [ $m^2$ ]

## FVE na voľnej ploche

Pre výpočet potenciálu voľnej plochy sa uvažuje s vhodnou a využiteľnou voľnou plochou v danom regióne, bez ohľadu na ich vlastníctvo, pričom sa uvažuje iba s veľkými FVE nad 100 kW (podľa zákona č. 309/2009 Z. z. o podpore OZE a vysoko účinnej kombinovanej výroby už nové FVE nemajú nárok na štátnu podporu vo forme výkupu elektriny na straty v distribučnom vedení podľa § 3 ods. 1 písm. b ani doplatku za výrobu „zelenej“ elektriny podľa § 3 ods. 1 písm. c).

Postup v tomto prípade predpokladá, že FVE sú navrhnuté tak, že nedochádza k vzájomnému tieneniu medzi radmi FV panelov umiestnenými na konzolách so sklonom 30° a nevyužívané plochy na okrajoch FVE sú minimálne.

V takomto prípade sa ročný energetický potenciál FVE na voľných plochách stanoví podľa nasledovného vzťahu:

$$1 \text{ MW} \approx 1,8 \text{ ha}$$

Výpočet energetického potenciálu menších FVE na voľných plochách v blízkosti miest spotreby vyrobenej elektriny sa riadi postupom pre inštalácie na plochých strechách budov.